

D-005



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE INGENIERIA**

**INFLUENCIA DE LOS "FINOS EN EL  
COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES  
REDONDEADOS PARA BASES"**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

**INGENIERO CIVIL**

P R E S E N T A:

**GILBERTO LOPEZ PAEZ**



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AUTÓNOMA DE  
MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA  
EXAMENES PROFESIONALES  
60-1-275

Al Pasante señor GILBERTO LOPEZ PAEZ,  
P r e s e n t e .

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a usted a continuación el tema que aprobado por esta Dirección propuso el Profesor Ing. Alfonso Rico Rodríguez, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero CIVIL.

"INFLUENCIA DE LOS FINOS EN EL COMPORTAMIENTO DE LOS MATERIALES REDONDEADOS PARA BASES"

- I. Introducción
- II. Descripción del estudio
- III. Resultados obtenidos
- IV. Discusión de resultados
- V. Conclusiones

Ruego a usted se sirva tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado por la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional; así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

Atentamente  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"  
Cd. Universitaria, a 11 de septiembre de 1978  
EL DIRECTOR

ING. JAVIER JIMENEZ ESPRIU

INFLUENCIA DE LOS FINOS EN EL COMPORTAMIENTO DE  
MATERIALES REDONDEADOS PARA BASES

I. - INTRODUCCION

- 1.1 Antecedentes
- 1.2 Objetivos

II. - DESCRIPCION DEL ESTUDIO

- 2.1 Materiales empleados y su procedencia
- 2.2 Propiedades de los materiales empleados y mezclas ensayadas
- 2.3 Preparación de las muestras
- 2.4 Pruebas realizadas en el laboratorio

III. - RESULTADOS OBTENIDOS

- 3.1 Curvas esfuerzo deformación, con diferentes porcentajes de finos y distintas presiones de confinamiento en la cámara.
- 3.2 Curvas esfuerzo axial-contenido de finos, para diferentes deformaciones unitarias.
- 3.3 Variaciones del peso volumétrico seco máximo y otras propiedades de interés práctico en las mezclas.

IV. - DISCUSION DE RESULTADOS

V. - CONCLUSIONES

INFLUENCIA DE LOS FINOS EN EL COMPORTAMIENTO DE  
MATERIALES REDONDEADOS PARA BASES

I. - INTRODUCCION

1.1. - Antecedentes.

La Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, en sus Especificaciones Generales de Construcción, establece que: "el rango de finos en materiales para base deberá variar de un 5% como mínimo y valores de 18 ó 20% como máximo, operando siempre en estos casos en la zona 1 y 2 de la figura I-1".

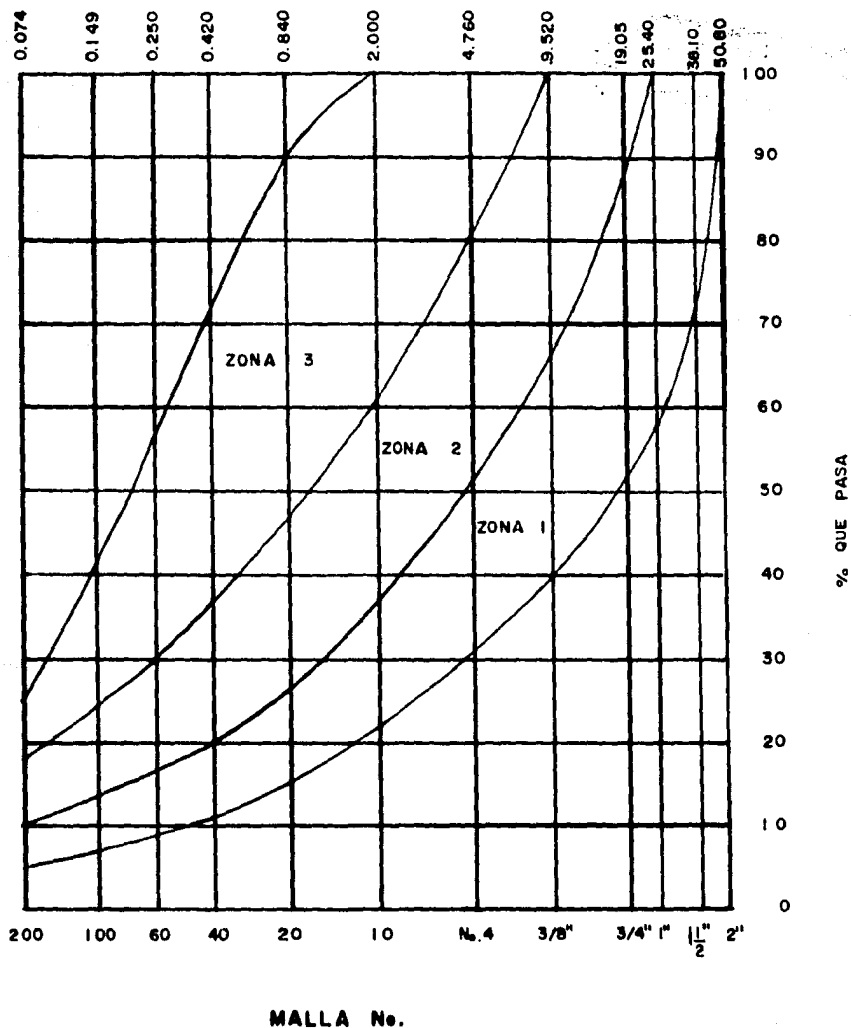
En la ref. 1 se dice lo siguiente:

"La base necesita para su buen comportamiento ante las cargas del -- tránsito una resistencia de tipo friccionante y ésta se ve perjudicada -- por la presencia de finos, tanto más cuanto mayor sea el contenido de éstos, así como su actividad y características de plasticidad. Otro -- tanto puede decirse, en términos generales, de la deformabilidad de -- la base y de la posibilidad de que constituya una capa con caracterís- -- ticas de drenaje adecuadas. Desde este punto de vista, la base debe -- ría estar formada por materiales friccionantes puros, sin finos.

---

(1) Rico Rodríguez Alfonso y Del Castillo Mejía Hermilo. La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres. Tomo II. Pavimentos flexibles Capítulo IX. Editorial Limusa, S.A. México, D.F., 1977.

FIGURA I-1



Sin embargo los materiales, naturales o triturados, puramente friccionantes y sin finos, al ser compactados formando la base, presentan -- el problema de que la zona superior de la capa pierde rápidamente su compactación y queda sin ninguna resistencia al desplazamiento lateral de las partículas, una vez que la base ha sido terminada. Es un -- hecho experimental, universalmente aducido por los constructores, -- que la incorporación de un cierto porcentaje de finos en su curva granulométrica palia mucho los inconvenientes anteriores, haciendo al material más trabajable y de superficie más estable, cuando ésta está expuesta.

Si se trabaja en una carretera de muy alto tránsito sobre la que ha de colocarse una carpeta muy espesa, no cabe duda de que los inconvenientes anteriores son fácilmente superables, pues al compactar la primera capa de carpeta se acomodará en lo necesario la parte superior de la base a la que, por otra parte, puede haberse defendido con un riego de impregnación o con algún otro método similar. Además, esa carpeta espesa proporcionará al material granular un confinamiento suficiente para que se mantenga en el tiempo las buenas cualidades de resistencia y deformabilidad propias de un material granular bien compactado. A este respecto, conviene insistir en que los espesores de sobrecarga que han de ponerse sobre un material granular compacto para que mantenga sus buenas condiciones son pequeños; recuérdese que una tabla o un ligero enramado son suficientes para hacer transitable

una zona de arena suelta. En resumen, puede decirse que en los caminos de alto tránsito se tienen las condiciones adecuadas para poder manejar bases prácticamente sin finos o con porcentajes mínimos de éstos, que no afectan los requerimientos de resistencia y deformabilidad que, por otra parte, serán máximos en vista de las características del camino. Seguramente, estos porcentajes no tendrán que ser mayores de 5%.

En los caminos de muy bajo tránsito, en el otro extremo de la escala, las condiciones son diferentes. Ahora se utilizará una carpeta mínima, quizá construída por el sistema de un riego, que no alcanzaría a dar el confinamiento necesario para mantener la resistencia en una base puramente granular. La incorporación de una cierta cantidad de finos a la base es ahora, sobre todo, un problema de estabilización mecánica, con la que se busca dar a la capa una cierta resistencia cohesiva, sin perjudicar en demasía las características de resistencia, de deformabilidad e hidráulica, que siguen siendo un requerimiento fundamental. Desde este punto de vista, suele considerarse conveniente tener para estas bases una granulometría que incluya ciertas cantidades de finos pasando la malla No. 200. La cantidad que haya de admitirse en cada caso particular, dentro de los límites arriba establecidos como ejemplo, dependerá mucho de la naturaleza de los finos que se empleen y de las condiciones ambientales a que vaya a quedar sujeto el camino en cuestión. Debe contarse con que, por razón del bajo costo que de



una zona de arena suelta. En resumen, puede decirse que en los caminos de alto tránsito se tienen las condiciones adecuadas para poder manejar bases prácticamente sin finos o con porcentajes mínimos de éstos, que no afectan los requerimientos de resistencia y deformabilidad que, por otra parte, serán máximos en vista de las características del camino. Seguramente, estos porcentajes no tendrán que ser mayores de 5%.

En los caminos de muy bajo tránsito, en el otro extremo de la escala, las condiciones son diferentes. Ahora se utilizará una carpeta mínima, quizá construída por el sistema de un riego, que no alcanzaría a dar el confinamiento necesario para mantener la resistencia en una base puramente granular. La incorporación de una cierta cantidad de finos a la base es ahora, sobre todo, un problema de estabilización mecánica, con la que se busca dar a la capa una cierta resistencia cohesiva, sin perjudicar en demasía las características de resistencia, de deformabilidad e hidráulica, que siguen siendo un requerimiento fundamental. Desde este punto de vista, suele considerarse conveniente tener para estas bases una granulometría que incluya ciertas cantidades de finos pasando la malla No. 200. La cantidad que haya de admitirse en cada caso particular, dentro de los límites arriba establecidos como ejemplo, dependerá mucho de la naturaleza de los finos que se empleen y de las condiciones ambientales a que vaya a quedar sujeto el camino en cuestión. Debe contarse con que, por razón del bajo costo que de

ellos se espera, los caminos de bajo tránsito no contarán en general - con buenas protecciones de drenaje superficial, ni con subdrenaje, de manera que la tolerancia en los finos deberá atender muy cuidadosamente las condiciones reales que priven en el caso.

Sin duda nunca será aconsejable la presencia de fracciones excesivamente activas. Cuando no se disponga de materiales que no las contengan, que puedan proporcionar una base confiable, deberá pensarse en el uso de suelos estabilizados con cal, asfalto o cemento, pues -- éstos, aunque resultan más costosos en su elaboración, podrán mantenerse en menores espesores y podrán llegar a ser una solución adecuada cuando los materiales disponibles no garanticen una calidad confiable.

En los caminos de tránsito medio o relativamente escaso, que constituyen una fracción muy importante de la red de carreteras de muchos países, se tiene una situación intermedia entre los dos casos extremos - que se han mencionado.

La resistencia, la deformabilidad y las características hidráulicas de las bases piden la utilización de materiales granulares con contenido mínimo de finos o sin ellos. Ciertos requerimientos de trabajabilidad o de conservación de características bajo sobrecargas pequeñas (en este caso carpetas del orden de 5 cm) demandan, por el contrario, alguna cohesión en la capa. Todo el conjunto de normas y precaucio--

nes con que la base ha de ser construída hacen seguramente posible - el empleo de porcentaje de finos que no excedan de valores prudentes, quizá en el orden de un 8 ó un 10% y siempre y cuando esta fracción -- sea relativamente inerte en presencia de agua y de no muy acusadas - características de plasticidad. Los matices con que se manejen los - criterios anteriores dependerán mucho de las condiciones ambientales - a que el camino esté expuesto, de las normas de drenaje y subdrenaje que se utilicen, de la posibilidad de aportaciones de agua y capilar y - de la propia granulometría de la fracción gruesa, pues si ésta deja rela- tivamente pocos huecos un porcentaje menor de finos puede perjudicar mucho.

No cabe duda de que el uso de ciertos porcentajes de finos empleados con el criterio de una estabilización mecánica pueden permitir ahorros de importancia en la construcción de diseños razonables, pero tampoco cabe duda de que el abuso en el empleo de finos es una de las más se- guras causas de falla de un pavimento. Entre esos dos conceptos ex- tremos ha de moverse el criterio del proyectista".

Tratando de llegar a datos más precisos sobre el problema en cuestión, la SAHOP realizó en diciembre de 1974 una investigación (ref. 2), que tenía por objeto cuantificar la influencia de los finos incluidos en los

---

(2) Rico Rodríguez Alfonso y Orozco y Orozco Juan Manuel. "Efectos de la Inclusión de Finos en el Comportamiento de Materiales para Bases". Secretaría de Obras Públicas. México, D.F., 1974.

materiales de base, en algunos casos característicos. El trabajo consistió en el estudio de tres materiales básicos en los que interviene -- como matriz un basalto triturado en planta, al que le fue corregida su granulometría en el laboratorio a tamaño máximo de 3/4". A dicha matriz se le fueron adicionando 5, 10, 15 y 20% de tres clases diferentes de materiales finos (pasan malla No. 200), con distintas propiedades: material natural poco plástico, caolinita comercial y bentonita comercial.

De dicha investigación se obtuvieron estas conclusiones:

- 1.- La incorporación de finos a los materiales triturados para base disminuye la resistencia y aumenta la deformabilidad de esta capa, - en la que ambos requisitos son esenciales.
- 2.- El deterioro de las propiedades de los materiales triturados crece - muy rápidamente con la plasticidad de los finos incorporados y con su cantidad. Tal parece que los finos arcillosos deben ser radicalmente excluidos y que porcentajes superiores a 5-8% de cualquier clase de finos son nocivos.
- 3.- El efecto de los finos parece ser particularmente dañino en la capacidad de generación de resistencia de las mezclas, dentro de niveles de deformación tolerables. Independientemente de que la evolución de las envolventes de falla hace ver que la resistencia al - corte se abate drásticamente cuando crece la proporción de finos,

los casos que probablemente generan las situaciones más peligrosas son aquellos en que la mezcla aún es capaz de dar la respuesta resistente que se le demanda, pero ello lo logra a niveles de deformación que se antojan fuera de toda prudencia.

## 1.2.- Objetivos.

El objeto de este trabajo es también el de cuantificar la influencia de los finos incluidos en la base pero probando con materiales distintos a los ya estudiados anteriormente, con el propósito de complementar la investigación emprendida y con ello contribuir a unificar los criterios que actualmente tienen los especialistas en lo que se refiere a la conveniencia o no de que la base de un pavimento flexible contenga determinadas cantidades de materiales finos y la calidad que debe exigirse a esos finos.

## II.- DESCRIPCION DEL ESTUDIO.

### 2.1.- Materiales empleados y su procedencia.

Los materiales estudiados son los que a continuación se anotan, los cuales por conveniencia y para poder identificarlos más fácilmente en el laboratorio, fueron numerados según se indica.

#### Material No. 1.

Material utilizado como matriz, el cual consiste en una grava redondeada procedente de la desembocadura del Rfo Papagayo, aproximadamente a 40 km al sureste del Puerto de Acapulco.

#### Material No. 2.

Arena limosa de la cual se extrajeron únicamente los finos que pasan la malla No. 200; procede del banco "La Caldera" ubicado en el km 21 + 300 de la Autopista México-Puebla.

#### Material No. 3.

Limo poco plástico del que se utilizaron únicamente los finos que pasan la malla No. 200; procede del banco ubicado en el km 40 + 000 de la Autopista México-Puebla.

#### Material No. 4.

Arcilla negra de Querétaro; procede del banco "Colonia de los Bautistas" ubicado en la carretera a San Luis Potosf.

## 2.2. - Propiedades de los materiales empleados y mezclas ensayadas.

Con objeto de cuantificar la influencia de los finos incluidos en los materiales redondeados para base, se trabajaron básicamente tres mezclas (I, II y III). La matriz es la misma en los tres casos: grava redondeada procedente de la desembocadura del Rfo Papagayo, cuya granulometría fue corregida en laboratorio a tamaño máximo de 3/4". La mezcla I es una combinación de la matriz con 5, 10, 15 y 20% de finos del material Núm. 2, dando lugar a las variantes Ia, Ib, Ic, y Id. La mezcla II es una combinación de la matriz con 5, 10, 15 y 20% de finos del material No. 3, obteniéndose las variantes IIa, IIb, IIc y IId. Finalmente, la mezcla III combina la matriz con los mismos porcentajes de finos que se han venido mencionando, utilizando el material No. 4, originando las variantes IIIa, IIIb, IIIc y IIId.

La tabla II-1 muestra las propiedades de los materiales y todas las variantes producidas por la mezcla de la matriz con los tres distintos suelos empleados.

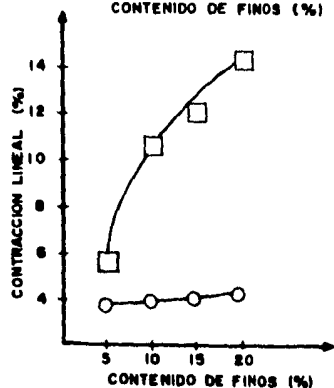
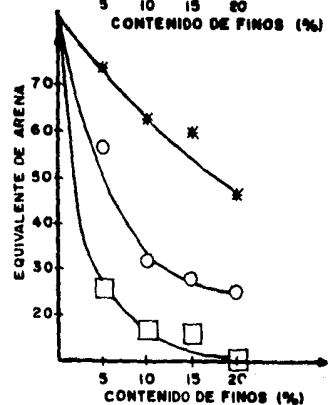
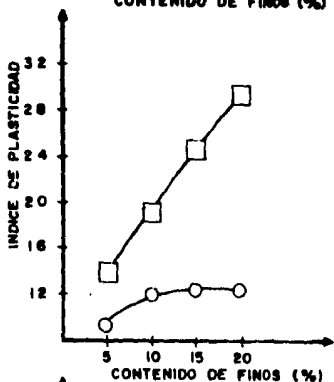
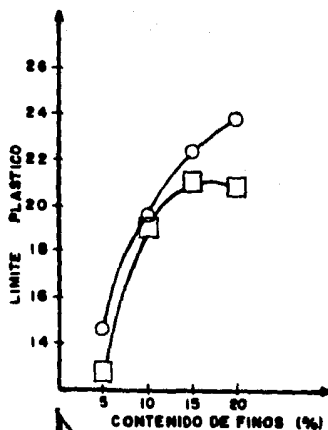
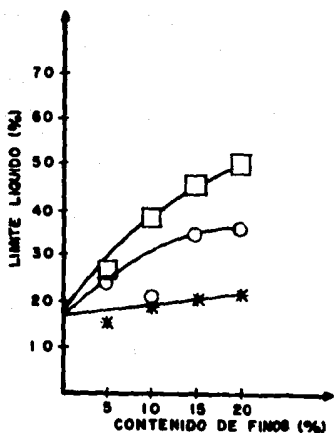
Las propiedades índice de granulometría y plasticidad de las mezclas utilizadas en el estudio se muestran en las figuras II-1 y II-2.

La comparación entre los datos incluidos en la tabla II-1 y figura II-1 y II-2, permite visualizar el cambio que la inclusión de diversos finos produce en las propiedades índice de la matriz original.



T A B L A II - 1

MATERIAL	VARIANTE	PROCEDENCIA DEL MATERIAL	LL	LP	IP	E. A.	C. L.
1		Matriz (Redondeado) Rfo Papagayo	16.7			84.1	
2		Banco "La Caldera"	22.8			56.1	1.0
3		Km. 40 Autopista México Puebla	41.4	27.0	14.4	34.2	4.7
4		Arcilla Negra de Querétaro	64.5	27.6	36.9	5.6	17.6
MEZCLA I	Ia	Matriz con 5% de finos del Mat. No. 2	15.8			73.7	
	Ib	Matriz con 10% de finos del Mat. No.2	19.1			62.5	
	Ic	Matriz con 15% de finos del Mat. No.2	21.0			59.1	
	Id	Matriz con 20% de finos del Mat. No. 2	21.6			46.8	
MEZCLA II	IIa	Matriz con 5% de finos del Mat. No. 3	23.8	14.6	9.2	56.1	3.8
	IIb	Matriz con 10% de finos del Mat. No.3	21.5	19.6	11.9	31.7	4.0
	IIc	Matriz con 15% de finos del Mat. No.3	34.8	22.4	12.4	28.0	4.1
	IId	Matriz con 20% de finos del Mat. No.3	36.2	23.8	12.4	25.3	4.3
MEZCLA III	IIIa	Matriz con 5% de finos del Mat. No. 4	26.5	12.7	13.8	25.5	5.7
	IIIb	Matriz con 10% de finos del Mat. No.4	38.1	19.1	19.0	16.6	10.6
	IIIc	Matriz con 15% de finos del Mat. No.4	45.6	21.0	24.6	16.7	12.1
	IIId	Matriz con 20% de finos del Mat. No.4	50.1	20.8	29.3	10.9	14.4



MATRIZ CON MATERIAL No. 2 \*

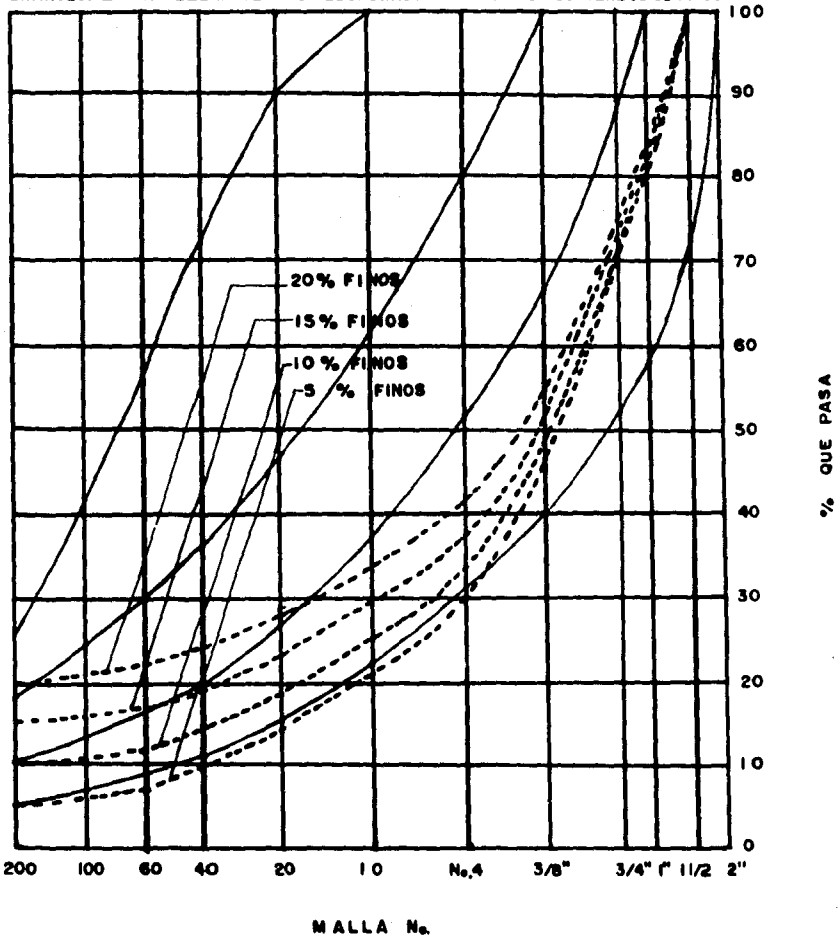
MATRIZ CON MATERIAL No. 3 O

MATRIZ CON MATERIAL No. 4 □

**FIGURA II-1**  
**PROPIEDADES INDICE DE LA**  
**PLASTICIDAD DE LAS MEZCLAS**

FIGURA II-2

GRANULOMETRIAS DEL MATERIAL REDONDEADO CON DISTINTOS CONTENIDOS DE FINOS



### 2.3. - Preparación de las muestras.

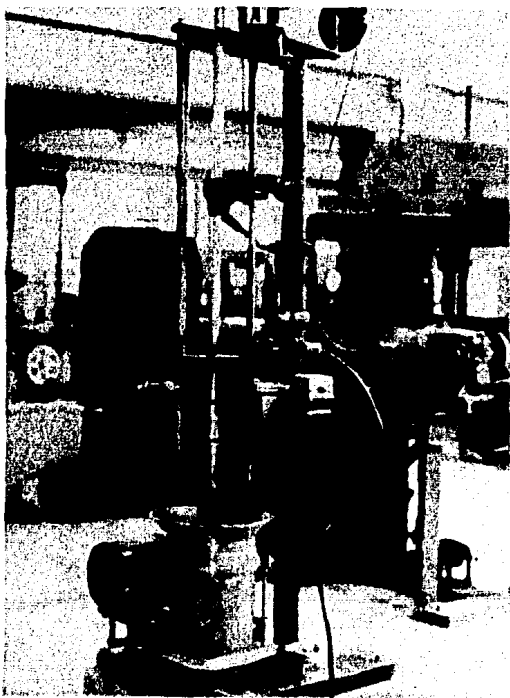
- a). - Todos los materiales fueron sometidos a un proceso de secado, hasta obtener una pequeña cantidad de agua que permitiera la fácil disgregación y manejo de las muestras.
- b). - Disgregación de los materiales 2, 3 y 4, para obtener las cantidades de finos necesarias y a la vez hacer la separación por tamaños.
- c). - Se obtuvieron los Límites de Atterberg y Equivalente de Arena de todas las variantes, para conocer las características plásticas.
- d). - Se determinó la humedad óptima, peso volumétrico máximo, % de expansión y % de Valor Relativo de Soporte (C.B.R.), - cuyos resultados se pueden apreciar en la tabla II-2, para cada una de las variantes.
- e). - Como ya se tenían separados los materiales por tamaños, - se tomaron los porcentajes de retenidos de las granulometrías propuestas en la fig. II-1, procediéndose al peso de los materiales, elaborándose mezclas de 8.5 Kg para cada variante y diferentes porcentajes, por lo que se fabricaron 48 mezclas.

T A B L A II - 2

MEZCLA	VARIANTE	CONTENIDO AGUA OPTIMO (%)	PESO VOLUMETRICO (Kg/m <sup>3</sup> )	EXP. (%)	V.R.S. (%)
I	Ia	4.2	2111		86.8
	Ib	4.9	2091		46.3
	Ic	5.5	2136		39.7
	Id	8.2	2086		75.7
II	IIa	3.1	2057		66.2
	IIb	4.9	2023		71.3
	IIc	6.9	2072		132.4
	IId	8.7	2082		134.0
III	IIIa	5.3	2063		110.3
	IIIb	7.3	2298		132.4
	IIIc	10.2	2089		25.0
	IIId	9.3	2143	0.6	19.1

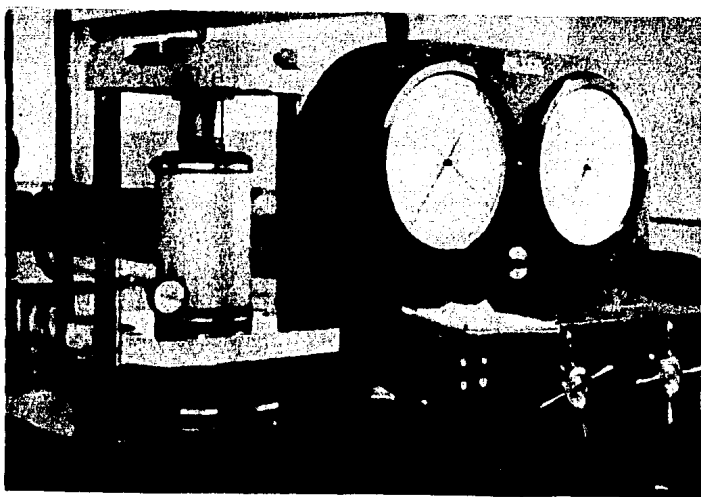
- f). - A cada una de las mezclas se les adicionó el agua necesaria y se fabricaron las probetas utilizando el compactador -  
dínámico que se puede apreciar en la fig. II-3, la cual se -  
llevó a cabo en 5 capas aplicando 50 golpes por capa.
- g). - Se extrajo el espécimen del molde del compactador y se in--  
trodujo en la celda provista de una membrana tabular colocán--  
dole al espécimen una piedra porosa tanto en la parte supe--  
rior como en la inferior.
- h). - Los especímenes así preparados se llevaron al cuarto húme--  
do colocándolas dentro de una charola con un pequeño tiran--  
te de agua de aproximadamente 6 cm y se le proporcionó a -  
cada probeta una presión lateral de  $0.07 \text{ kg/cm}^2$  (1 lb/pul<sup>2</sup>)  
y una presión vertical de  $0.45 \text{ kg/cm}^2$ , con la que se trató  
de reproducir la condición de confinamiento de campo.
- i). - Las probetas permanecieron en el cuarto húmedo para la prue--  
ba de capilaridad, 10 días los materiales con índice plásti--  
co menor de quince y para los que rebasaron esta cifra el --  
número de días estuvo dado por el número de su índice plás--  
tico.
- j). - Una vez cumplido con la prueba de capilaridad cada especí--  
men se pasó a la máquina de compresión (fig. II-4) para --

Fig. II. 3



Compactador mecánico por Impactos, de Texas.

Fig. II. 4



Aspecto en el cual se muestra la celda cilíndrica con su --  
válvula neumática, membrana tubular, micrómetro y máqui-  
na de compresión para someter a la probeta bajo la influen-  
cia de cargas axiales y de confinamiento hasta la falla .



ser probado, aplicando según el caso cargas laterales de -  
0.35, 0.70, 1.05 y 1.40  $\text{kg/cm}^2$  (5, 10, 15 y 20  $\text{lb/pul}^2$ ), y  
carga vertical hasta la falla, tomando lecturas parciales de  
carga para deformaciones de cada 0.5 mm.

## 2.4.- Pruebas realizadas en el laboratorio.

A continuación se mencionan las pruebas más importantes realizadas en el laboratorio para llevar a cabo la investigación.

- 1.- Límites de Atterberg para los materiales y las distintas variantes con objeto de conocer las características plásticas de los mismos y las variaciones obtenidas conforme se les fueron proporcionando los distintos porcentajes de finos.
- 2.- Granulometrías a cada una de las variantes con objeto de verificar que los proporcionamientos estuvieran correctos, principalmente en lo que se refiere al porcentaje de finos que contenían.
- 3.- Equivalente de arena a todos los materiales y variantes.
- 4.- Porter estándar. Se utilizó esta prueba con objeto de tener una idea acerca del contenido de agua óptimo, peso volumétrico, porcentaje de expansión y valor relativo de soporte.
- 5.- Triaxial de Texas, considerada la más importante para los objetivos a los que se quiere llegar en la investigación, por lo que a continuación se describe el procedimiento a seguir, el cual se ha tomado de la ref. 3.

---

(3) Especificaciones Generales de Construcción. Parte IX. (Libro Primero) Secretaría de Comunicaciones y Obras Públicas. México, D.F., 1957.

## PRUEBA DE COMPRESION TRIAXIAL. METODO DE TEXAS.

El objeto de la prueba de compresión triaxial de Texas es la obtención de datos de laboratorio que nos permitan clasificar los materiales en relación con su empleo adecuado en el proyecto de las terracerías y los pavimentos flexibles. También se aprovechan los resultados de esta prueba para el cálculo del grado de estabilidad en la cimentación de puentes tomando en cuenta las condiciones hidrodinámicas existentes en el subsuelo. Para la realización de esta prueba se tendrá en cuenta lo siguiente:

a).- El equipo de prueba necesario es:

Dispositivo de compactación equipado con una placa de apoyo para soportar un cilindro de quince punto dos (15.2) centímetros de diámetro interior y un pistón de 4.5 kilogramos con ajuste para la altura de caída. El área de contacto del pistón con el material es un sector de 40° con radio de 7.5 centímetros. Molde de compactación de 15.2 centímetros de diámetro interior y 20.32 centímetros de altura provisto de extensión (fig. II-3).

Micrómetro montado en un soporte para medir la altura de la muestra.

Balanza de quince kilogramos de capacidad con sensibilidad de cuatro punto quinientos treinta y seis gramos.

Placa de apoyo del molde.

Horno de secado para temperatura de 110°C, de control. Juego -- suficiente de charolas, placas porosas de menos de 15.2 cm de diámetro y 5 cm de espesor.

Juego completo de mallas de "U.S. Standard".

Celdas cilíndricas de acero de 17.15 cm de diámetro interior con válvula neumática provista de una membrana tabular cuyo diámetro interior es de 15.2 cm ver fig. II-4.

Bomba de vacío y tanque con aire de alimentación a presión constante provisto de compresor.

Tanque auxiliar con aire, provisto de válvula, manómetro y tuberías de conducción.

Juego de pesas ligeras para sobrecargas.

Anillo de cargas calibrado.

Aparato de aplicación y medición de cargas consistente en un -- marco de cargas y un sistema de engranes para ir aplicando las -- cargas axiales. Ver fig. II-4.

.- La muestra se preparará como se indica a continuación:

Se selecciona una cantidad de material de aproximadamente no-

venta kilogramos y se extiende sobre una superficie para secado al aire libre. Los materiales de terracerfas arcillosos o arcillo-arenosos que no contengan cantidades apreciables de gravas, -- deberán ser triturados y pasados por la malla de 1/4". En seguida la muestra se divide en dos porciones por medio de la malla - No. 20. Los materiales para terracerfas que contienen gravas, - se pasarán por la malla de 1/4" desbaratando todos los terrones - con un mazo de madera o de plástico. Después se pasará por las mallas de acuerdo con el procedimiento indicado a continuación. Las cantidades seleccionadas de material como caliche, roca tri-  
 turada, gravas y arenas se cribarán por las mallas de 2", 1 1/2", 1", 3/4", 1/2", 1/4" y la No. 10. Se pesan los retenidos en -- cada charola, incluyendo el material que pasa la malla No. 10 y - se calculan los porcentajes. Se determina el contenido de hume--  
 dad higroscópica en la muestra completa en la forma siguiente: - Se pesa una porción representativa del material que pasa la ma--  
 lla No. 10, se seca en el homo a ciento diez grados centígrados y se calcula el porciento de humedad higroscópica por la siguien-  
 te expresión:

$$\% \text{ Hum. Hig.} = \frac{\text{Peso húmedo} - \text{Peso seco}}{\text{Peso seco}} \times \text{por ciento que pa-}$$

sa la malla No. 10.

- c). - Para determinar las relaciones de humedad y peso volumétricos - se procederá primero a la calibración del molde, midiendo con -

toda exactitud su volumen. La energía de compactación es un factor variable y se deberá seleccionar de acuerdo con los siguientes datos: Para materiales de base flexible se deberán dar 50 golpes por capa, equivalentes a 65 metros por kilogramo por metro cúbico. Para materiales de poca actividad se darán 25 golpes por capa, equivalentes a 32.3 metros por kilogramo por metro cúbico; para arcillas muy plásticas se darán de 15 a 20 golpes por capa equivalentes a 19.6 y 24.4 metros por kilogramos por metro cúbico, respectivamente; para el caso de las arenas sin cohesión se requiere un tratamiento especial. Consúltese el instructivo correspondiente para una mejor selección de la energía de compactación. Luego se mezclará el material con el agua requerida para la primera compactación. El aparato se deberá ajustar para una altura de caída de 45.7 cm y el material queda distribuido en el molde en 4 capas iguales. Se calcula luego el peso volumétrico húmedo y seco con el procedimiento normal, en cada compactación similar a la anterior, obteniéndose las condiciones óptimas. Se compactan 6 probetas de 15.24 cm de diámetro por 20.3 cm de altura con las condiciones óptimas de humedad y peso volumétrico. Estas probetas serán similares y sujetas a la misma energía de compactación. Después de ser sacadas del molde se guardan en el cuarto de humedad durante 10 horas, aproximadamente. Cuando se trate de material de bases,

las probetas se colocarán en el horno durante un período de 8 -- horas, a la temperatura de 60°C, debiéndose enfriar durante 8 - horas por lo menos, antes de aplicar el tratamiento de capilaridad.

Si las probetas están hechas con un material cualquiera se colocarán en el horno a la temperatura de 60°C, para observar la posible aparición de grietas de contracción. Si aparecen entonces, se procederá a secarlas a la temperatura ambiente. Cuando se trate de arcillas muy plásticas de terracerfas, se deberán secar las probetas a temperatura ambiente hasta que se desarrollen -- las grietas.

- d) - Después de ser pesadas y medidas, se sujetarán las probetas -- a una prueba de capilaridad conservando las piedras porosas sobre sus caras; cada probeta se cubre con papel filtro introduciéndose en las celdas de presión. Después la celda se coloca en -- una charola con agua de manera que la base inferior de la probeta esté separada 12 mm del nivel del agua. Se conecta la celda a la presión constante del depósito de aire de 70 gr/cm<sup>2</sup> ( 1 lb/pul<sup>2</sup>), la cual se mantendrá durante el período que dura la prueba de capilaridad. En seguida se aplican pequeñas sobrecargas -- axiales. Para materiales de base flexible, se escoge una sobrecarga de 35 gr/cm<sup>2</sup> (1/2 lb/pul<sup>2</sup>) y para materiales de terracerfa

70 gr/cm<sup>2</sup> ( 1 lb/pul<sup>2</sup>), La prueba de capilaridad tiene un periodo de duración de diez días para aquellos materiales cuyo índice plástico es menor de 15 y para los que rebasan esta cifra, el número de días esta dado por el número de índice plástico.

El procedimiento de prueba en material remoldeado, se hará teniendo -- en cuenta lo siguiente:

Se sujetan las probetas a la prueba de compresión triaxial aplicando -- las cargas axiales mientras que la presión lateral permanece constante. La velocidad de deformación es de 0.38 centímetros por minuto y las lecturas se toman a intervalos de veinticinco milésimos (0.025) de centímetro (0.01") de deformación. La tubería de aire se conecta a la celda axial a fin de aplicar la presión lateral cuyos valores usuales son de 0, 0.35, 0.7, 1.05 y 1.4 kilogramos sobre centímetro cuadrado (0, 5, 10, 15 y 20 lb/pul<sup>2</sup>). Una vez que se rompe la probeta se apartan -- pequeñas porciones para determinar su contenido de agua y se llevan -- al horno de secado a la temperatura de 110°C.

Los cálculos que se deben hacer son:

- 1).- Contenido de agua y el peso volumétrico seco de cada probeta.
- 2).- Porcentaje de expansión y absorción después de la prueba de capilaridad.

$$\% \text{ exp. vol.} = \frac{\text{Cambio de vol.}}{\text{Vol. inicial}} \times 100$$



3).- Se calculan los datos necesarios para dibujar la curva esfuerzo - deformación. Los términos y símbolos que se relacionan con cada probeta se definen en la forma siguiente:

P: Carga vertical total que obra sobre la probeta referida a cualquier deformación, expresada en kilogramos.

Se obtiene por medio de la suma de las cargas muertas (todos los pesos comprendidos entre la cara superior de la muestra y el balín de distribución de cargas).

A: Area original de la sección transversal de la probeta expresada en centímetros cuadrados y calculada por medio del dato del diámetro medio.

h: Altura original de la probeta, expresada en centímetros.

d: Deformación vertical total en centímetros para un instante cualquiera, dada por el micrómetro.

%S: Deformación unitaria en por ciento:

$$\% S = 100 \times d/h$$

P/A: Esfuerzo vertical nominal para una deformación cualquiera; se expresa en kilogramos sobre centímetro cuadrado.

P: Esfuerzo vertical corregido, en kilogramos sobre centímetro cuadrado.

$$P = P/A (1 - \%S/100)$$

Las curvas y diagramas se trazarán como se indica a continuación:

- 1).-Se dibuja la curva contenido de agua contra peso volumétrico seco, sobre un sistema de coordenadas en cuya abscisa se ponen los valores del contenido de agua en por ciento y en la ordenada el peso volumétrico, expresado en kilogramos por metro cúbico.
- 2).-Se traza la curva de esfuerzo contra deformación, de manera que en las abscisas estén representados los porcentos de deformación y en las ordenadas los esfuerzos normales expresados en kilogramos sobre centímetros cuadrados.
- 3).-Se dibuja el diagrama de Mohr sobre un sistema de coordenadas en donde ambas escalas son iguales. El eje de ordenadas lleva los valores del esfuerzo cortante y el de las abscisas el del esfuerzo normal, ambos expresados en kilogramos por centímetro cuadrado.

## II. -RESULTADOS OBTENIDOS.

3.1.-Curvas esfuerzo deformación, con diferentes porcentajes de finos y distintas presiones de confinamiento en la cámara.

En las figuras III-1 a III-6, se muestran las curvas esfuerzo-deformación para diferentes presiones de confinamiento, correspondientes a las mezclas I, II y III, compactadas con contenido de agua similares a la óptima.

3.2.-Curvas esfuerzo axial-contenido de finos, para diferentes deformaciones unitarias.

En las figuras III-7 a III-12, se muestran las curvas esfuerzo axial-contenido de finos, para diferentes deformaciones unitarias, correspondientes a las mezclas I, II y III, compactadas con contenidos de agua similares a la óptima.

3.3.-Variaciones del peso volumétrico seco máximo y otras propiedades de interés práctico en las mezclas.

Las figuras III-13 y III-14, muestran las variaciones del peso volumétrico, contenido de agua óptimo y valor relativo de soporte contra contenido de finos, para cada una de las mezclas.

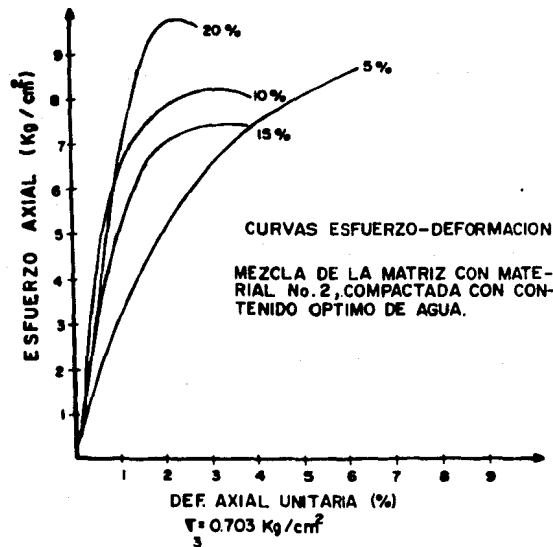
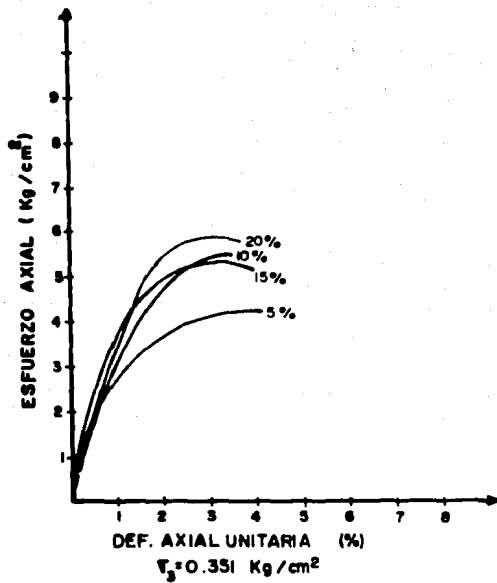


FIG. III-1

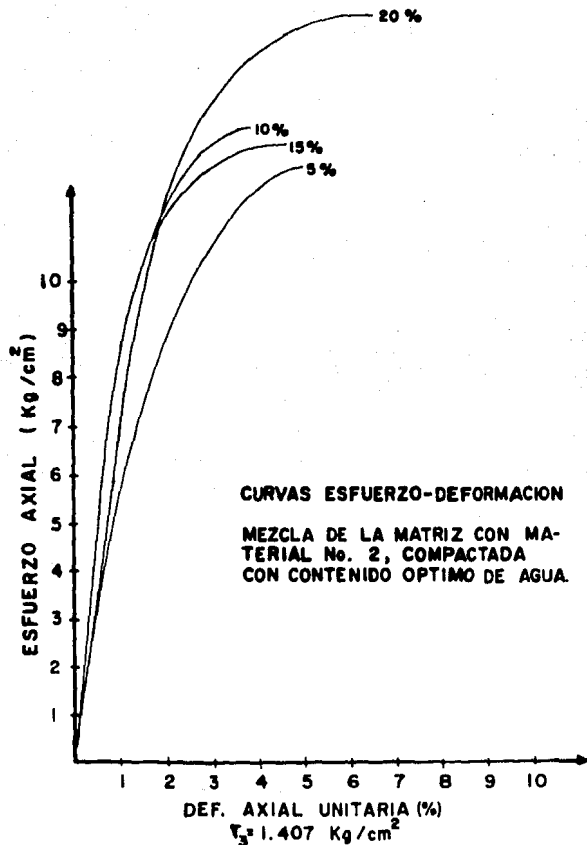
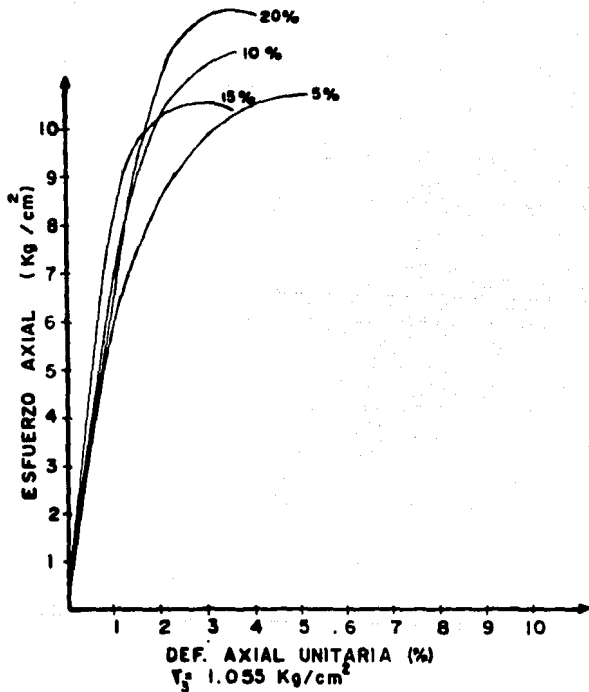


FIG. III-2

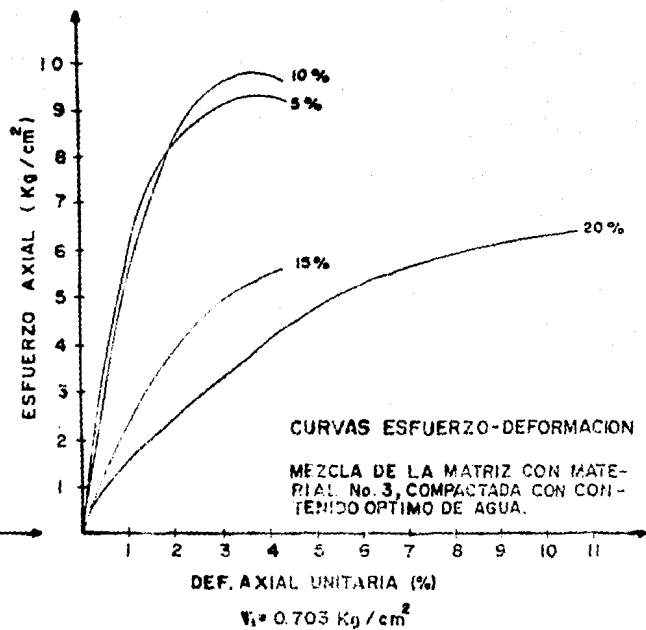
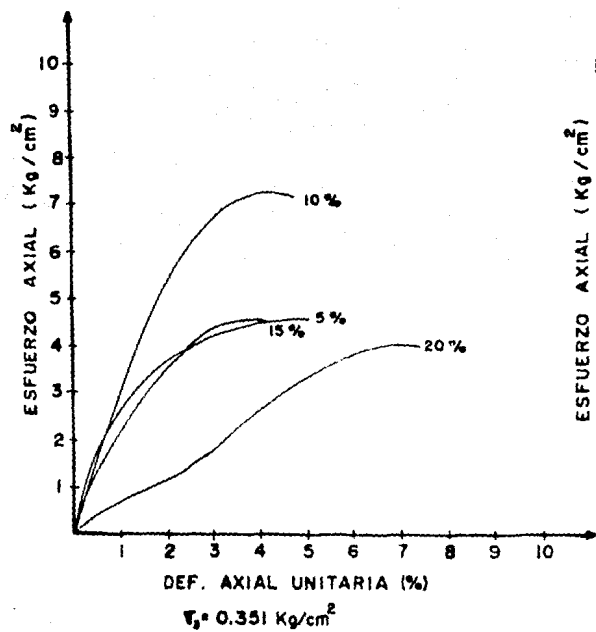


FIG. III-3

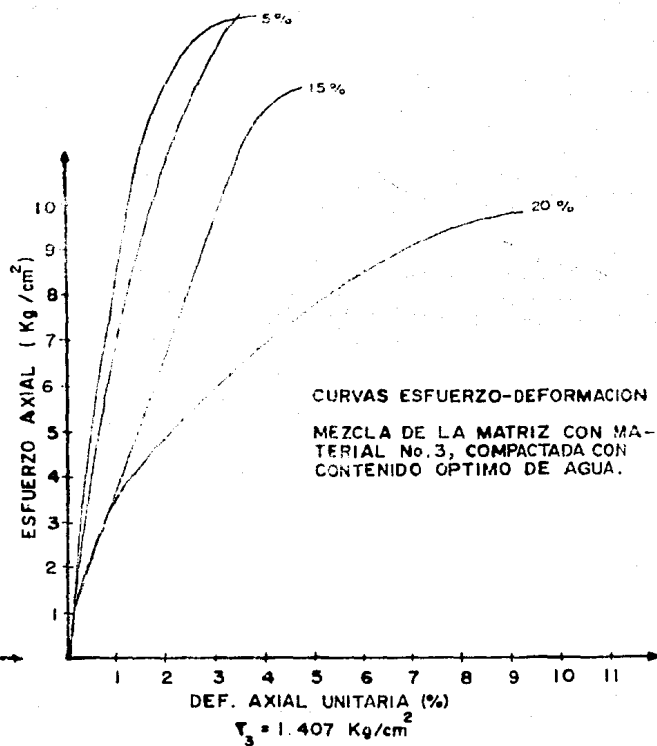
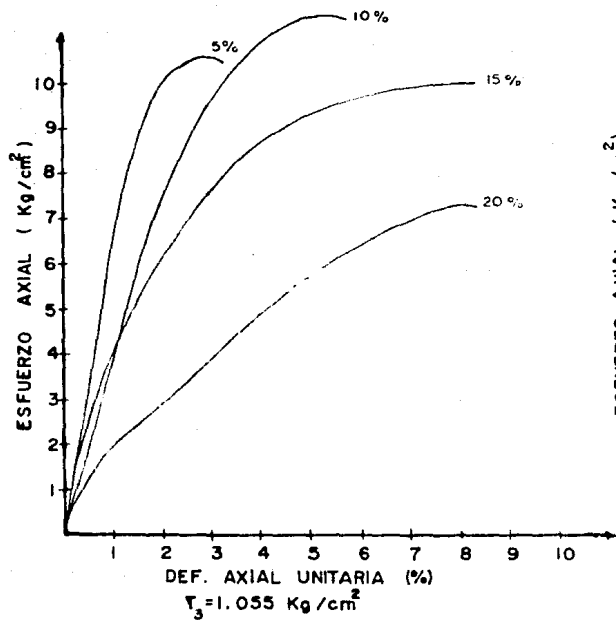
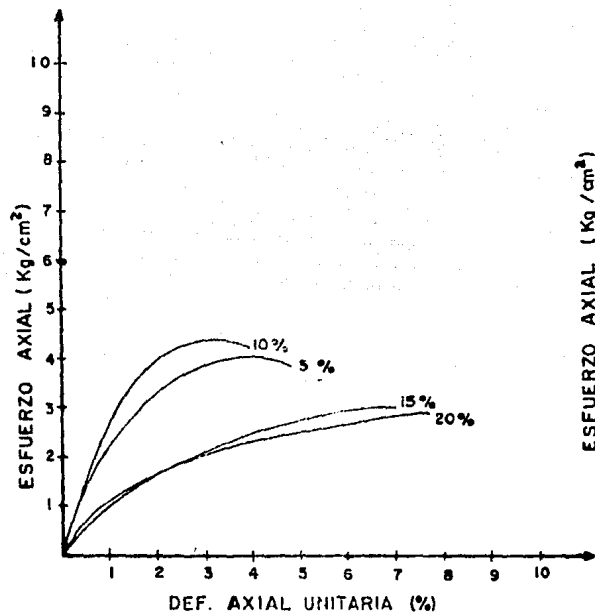
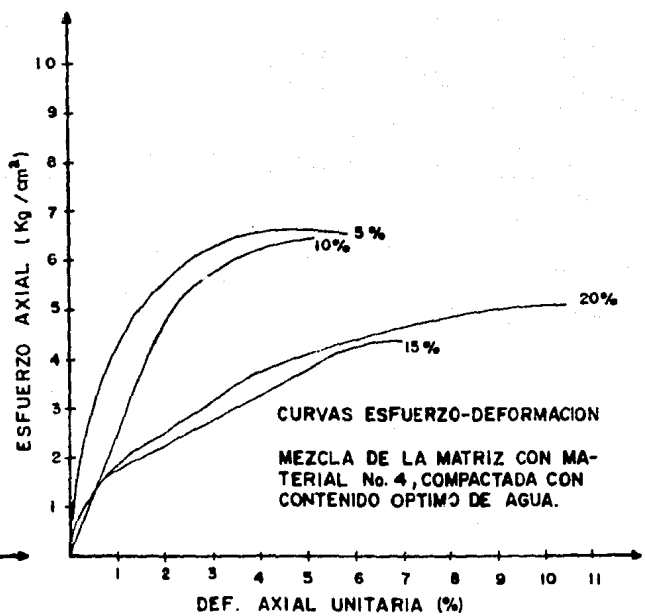


FIG. III-4



$$\gamma_3 = 0.351 \text{ Kg/cm}^2$$



$$\gamma_3 = 0.703 \text{ Kg/cm}^2$$

FIG. III-5



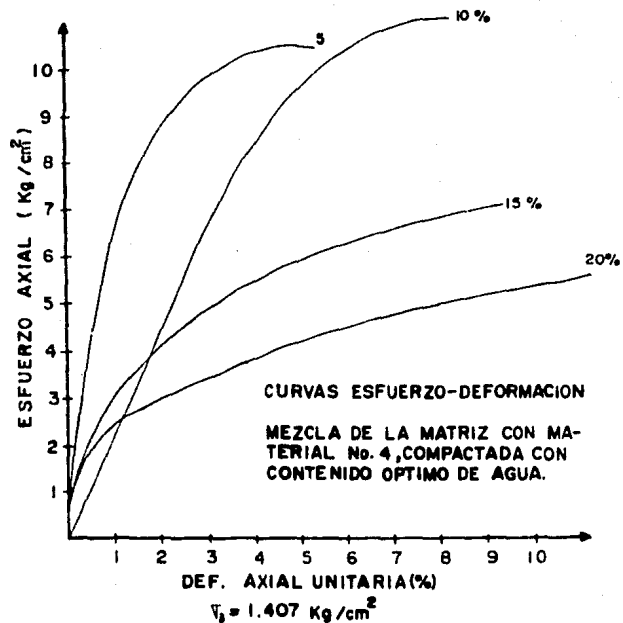
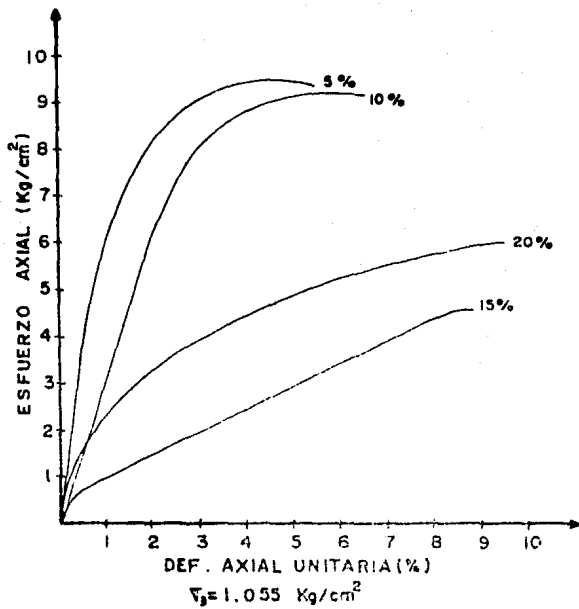


FIG. III-6

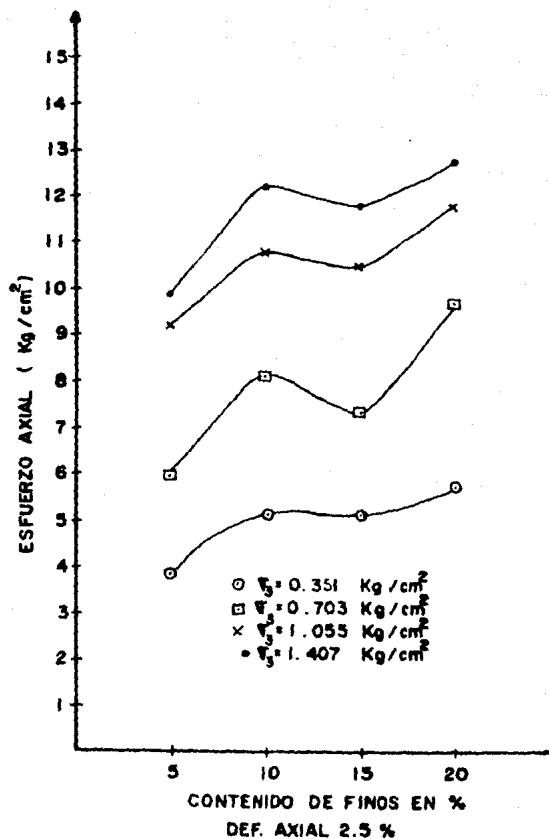
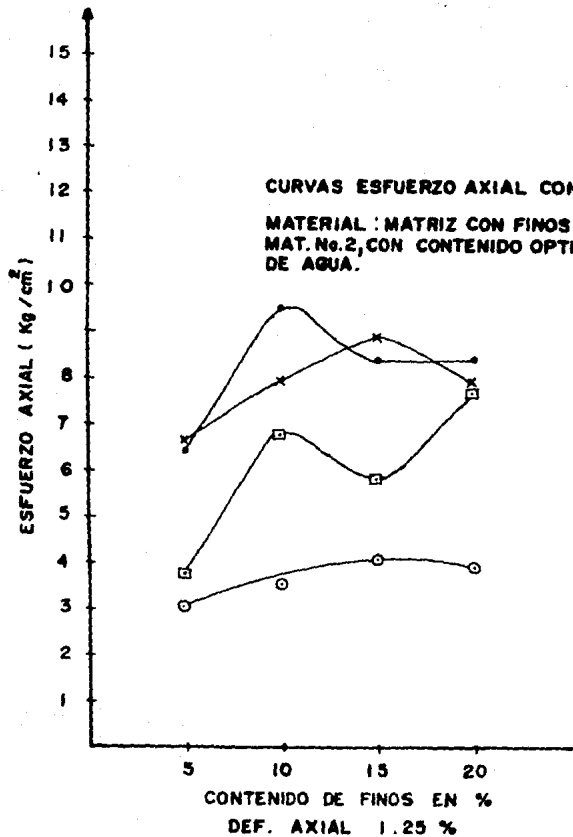
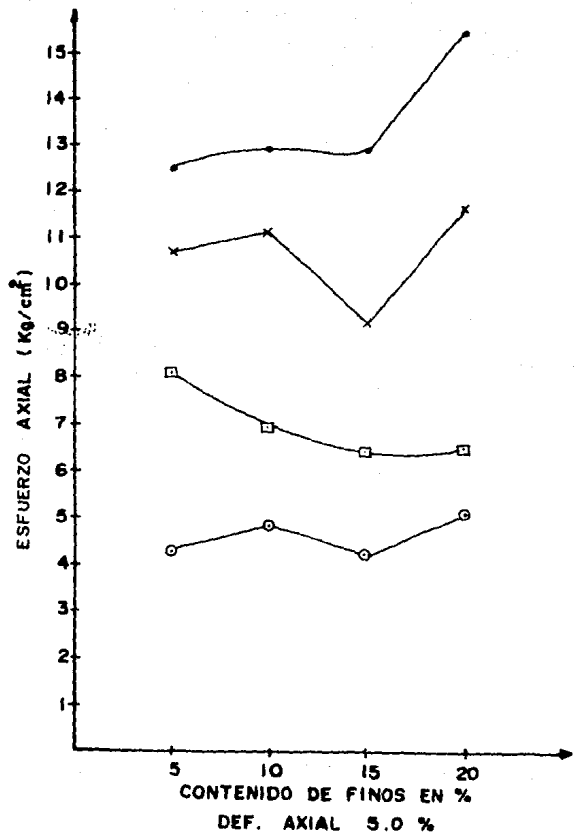


FIG. III-7



CURVAS ESFUERZO AXIAL-CONTENIDO DE FINOS  
 MATRIZ CON FINOS DEL MATERIAL No. 2, CON  
 CONTENIDO OPTIMO DE AGUA.

- V<sub>s</sub> = 0.351 Kg/cm<sup>2</sup>
- V<sub>s</sub> = 0.703 Kg/cm<sup>2</sup>
- × V<sub>s</sub> = 1.055 Kg/cm<sup>2</sup>
- V<sub>s</sub> = 1.407 Kg/cm<sup>2</sup>

FIG.III-8

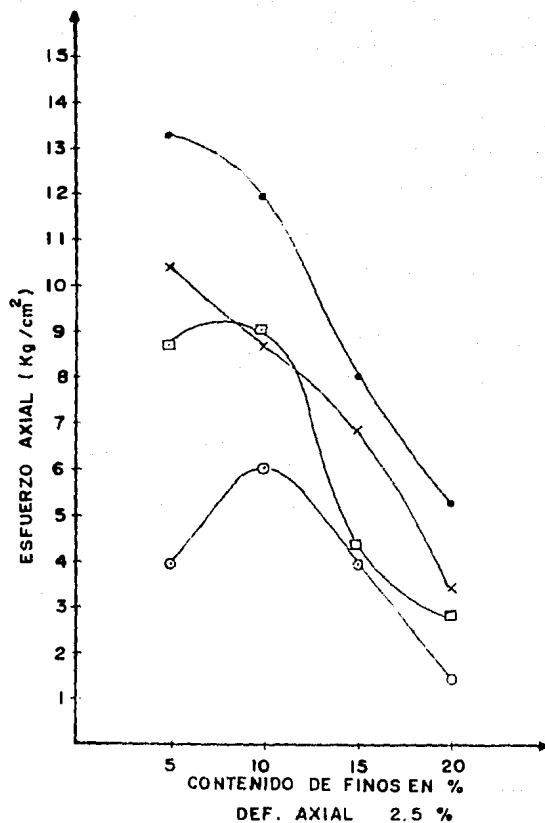
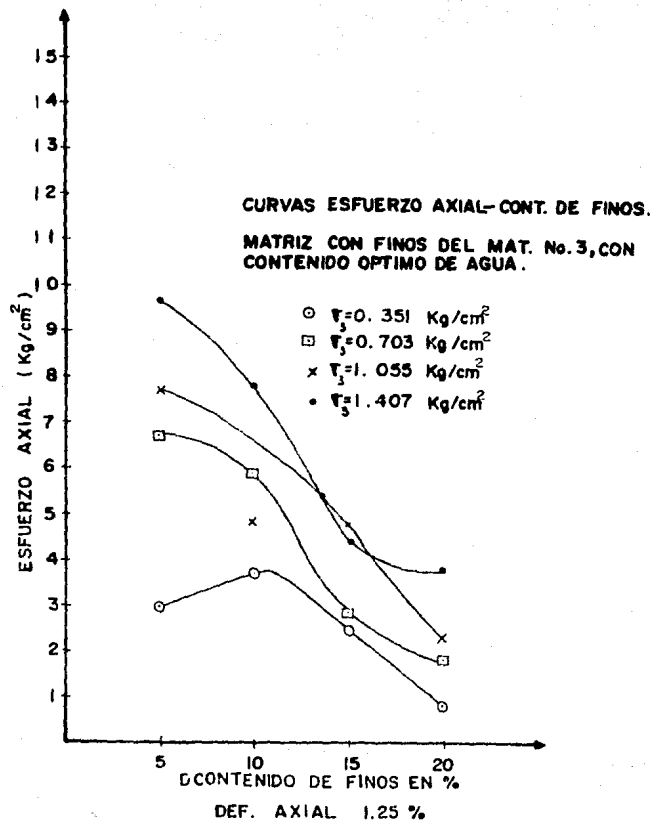
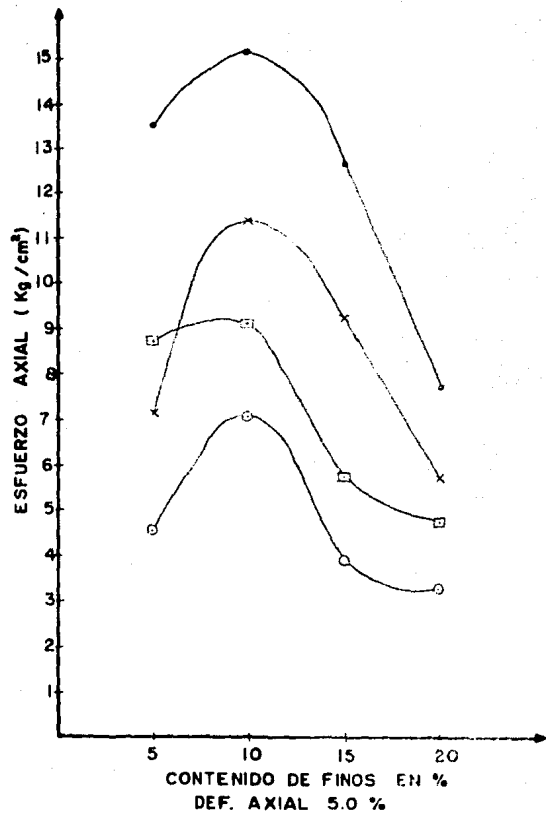


FIG. III-9



CURVAS ESFUERZO AXIAL-CONTENIDO DE FINOS  
 MATRIZ CON FINOS DEL MATERIAL No.3, CON  
 CONTENIDO OPTIMO DE AGUA.

- $V_3 = 0.351 \text{ Kg/cm}^2$
- $V_3 = 0.703 \text{ Kg/cm}^2$
- ×  $V_3 = 1.055 \text{ Kg/cm}^2$
- $V_3 = 1.407 \text{ Kg/cm}^2$

FIG. III-10

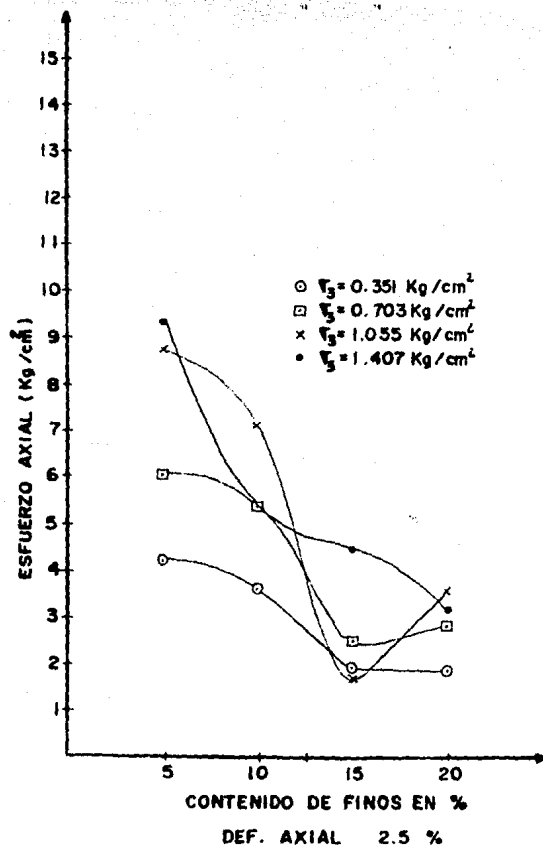
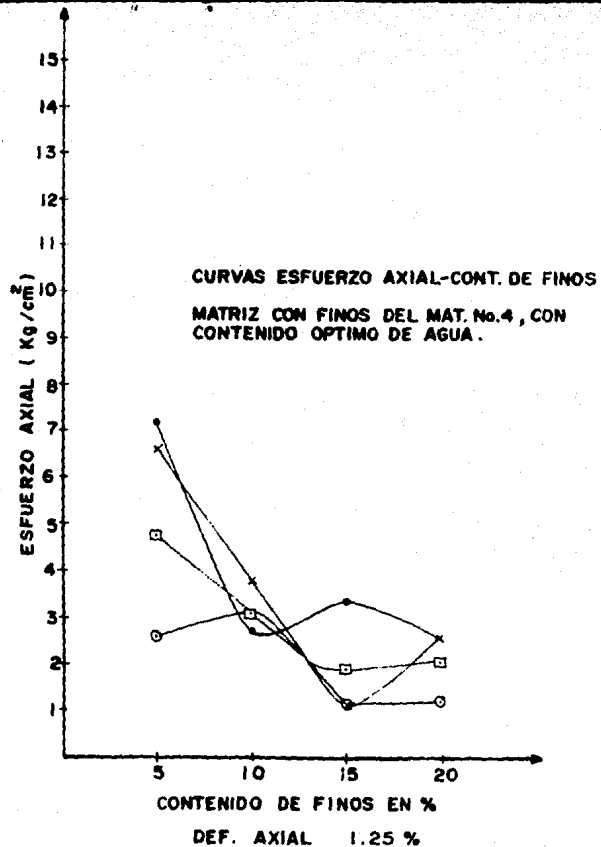
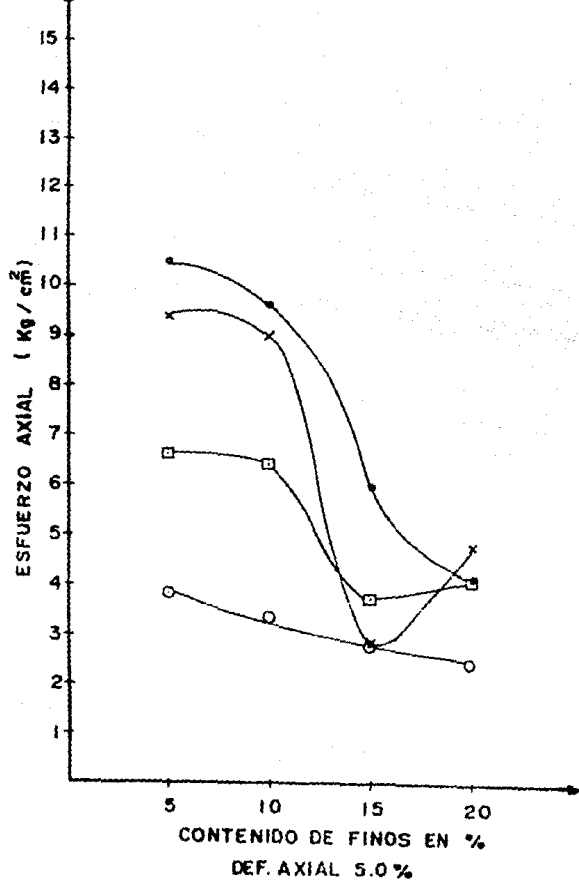


FIG. III-11



CURVAS ESFUERZO AXIAL-CONTENIDO DE FINOS.

MATRIZ CON FINOS DEL MATERIAL No.4, CON CONTENIDO OPTIMO DE AGUA.

- $\circ \gamma_3 = 0.351 \text{ Kg/cm}^2$
- $\square \gamma_3 = 0.703 \text{ Kg/cm}^2$
- $\times \gamma_3 = 1.055 \text{ Kg/cm}^2$
- $\bullet \gamma_3 = 1.407 \text{ Kg/cm}^2$

FIG. III-12

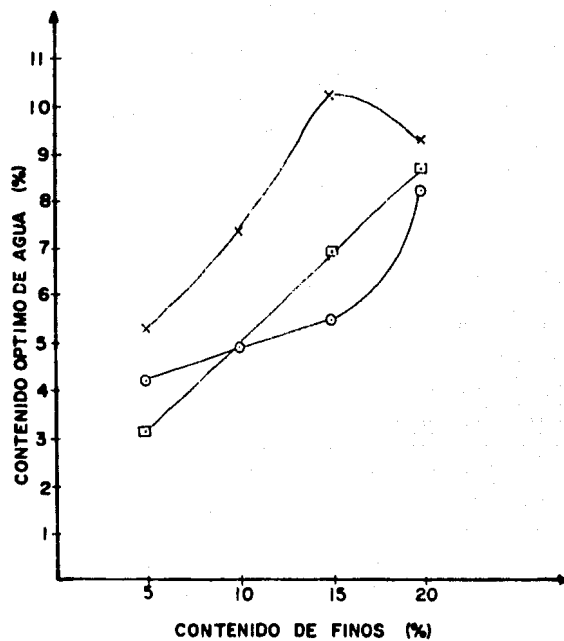
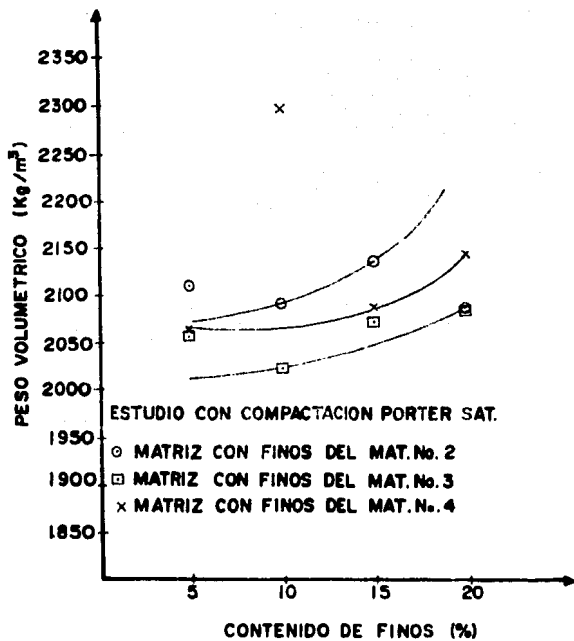
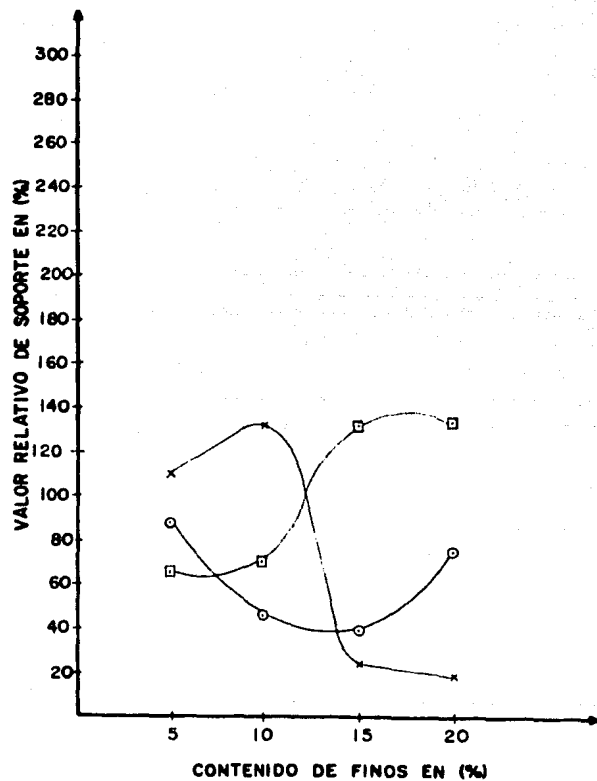


FIG. III-13





ESTUDIO CON COMPACTACION PORTER SATURADO.

- MATRIZ CON FINOS DEL MAT. No. 2
- MATRIZ CON FINOS DEL MAT. No. 3
- x MATRIZ CON FINOS DEL MAT. No. 4

FIG. III-14

#### IV. - DISCUSION DE RESULTADOS.

En este capítulo se analizará el comportamiento de todas las mezclas, - con sus distintas variantes. Principalmente se discutirán tres aspectos fundamentales en el comportamiento de una base, en los cuales se basó la investigación, deformabilidad, resistencia y peso volumétrico seco - máximo obtenido.

a). - Curvas esfuerzo-deformación para diferentes presiones de confinamiento.

El comportamiento mecánico observado en la mezcla grava-arena - es bueno a pesar de que la grava es redondeada. Como se puede apreciar en las Figs. III-1 y III-2, en las curvas obtenidas a presiones de confinamiento de  $0.703 \text{ kg/cm}^2$  y  $1.055 \text{ kg/cm}^2$ , para - un esfuerzo axial dado la deformabilidad tiende a disminuir conforme se incrementan los finos.

La resistencia aumentó conforme se incrementó el contenido de - finos. Se puede decir que para la mezcla I con sus distintas variantes, resultó beneficiosa la inclusión de esta clase de finos (material No. 2), ya que se registró un aumento sensible en la resistencia y una disminución en la deformación.

Por el contrario, al analizar las figs. III-3 y III-4, para las mismas presiones de confinamiento y esfuerzo axial del caso ante--

rior, se observa que la deformabilidad tiende a crecer conforme se incrementa el contenido de finos y las resistencias obtenidas para esta mezcla fueron bajas, por lo que el aumento de esta clase de finos (material No. 3) resultó perjudicial para la matriz.

En las figs. III-5 y III-6, se presenta la misma tendencia, nada más que los resultados son mucho más acentuados, ya que se -- obtuvieron deformaciones unitarias más altas y resistencias muy bajas con respecto a los otros dos materiales.

b).- Curvas esfuerzo axial-contenido de finos.

Al analizar las figs. III-7 y III-8, observando las curvas obtenidas para 2.5% de deformación axial, se puede apreciar que se -- presenta la tendencia de aumentar la resistencia conforme se incrementa el contenido de finos lo que reafirma el comentario hecho antes para este material.

Las figs. III-9, III-10, III-11 y III-12, se analizan juntas por -- ser muy similar su tendencia en cuanto a su comportamiento ya -- que la resistencia fue disminuyendo conforme fue aumentando el contenido de finos; la resistencia de las mezclas se ve seriamente afectada por la plasticidad de los materiales finos empleados en cada caso.

c).- Variaciones del peso volumétrico seco máximo y otras propiedades de interés práctico en las mezclas.

Se observa la fig. III-13, en la curva peso volumétrico contra - contenido de finos se presenta la tendencia de aumentar el peso volumétrico hasta los máximos porcentajes de finos estudiados. Igualmente sucede con la curva contenido de agua contra contenido de finos ésta tiende a subir para los materiales 2 y 3 hasta -- los porcentajes de 20%, mientras que para el material No. 4, -- (arcilla de alta plasticidad) para un porcentaje de 15,3% el contenido de agua tiende a bajar.

Finalmente en la fig. III-14, se obtienen las curvas valor relativo de soporte contra contenido de finos, para cada uno de los materiales, obtenidos con la prueba porter estándar.

## V. - CONCLUSIONES

A continuación se anotan las conclusiones obtenidas; será satisfactorio que alguna de estas conclusiones cumpla con los propósitos fijados al iniciar el estudio.

5.1. - Se comprueba que la inclusión de finos muy plásticos afecta considerablemente la resistencia y hace que se incremente la deformabilidad de los materiales de base.

5.2. - Podría establecerse un rango de variación para la inclusión de finos en una base entre 5 y 10%, siempre y cuando no presenten características plásticas muy marcadas; es decir, no utilizar materiales con límite líquido superior al 30%. No deberá sobrepasarse el límite máximo de 10% de finos en la base, ya que fuera de éste, se caería en la posibilidad de trabajar con materiales peligrosos.

## APENDICE

Resultados obtenidos en el laboratorio.



































































# COMPRESION TRIAXIAL METODO DE TEXAS

OROA _____ LOCALIZACION _____ CONFCO N° _____ MUESTRA N° _____ DESCRIPCION: <b>Mattiz con 20% finos. Ensayo 3</b>	T.C.C.A. _____ ENSAYE _____ OPERADOR _____ CALCULO _____
---	---

## MEDIDAS DE LA MUESTRA

D <sub>1</sub> =	15.2	cm	A <sub>1</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	V <sub>1</sub> =	8930	cm <sup>3</sup>
D <sub>2</sub> =	15.2	cm	A <sub>2</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	V <sub>2</sub> =	3940	cm <sup>3</sup>
D <sub>3</sub> =	15.2	cm	A <sub>3</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	Y <sub>m</sub> =	2.266	cm
D <sub>4</sub> =	15.2	cm	A <sub>m</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	T <sub>3</sub> =	10 lb/Pul <sup>2</sup>	703 Kg/cm <sup>2</sup>
H <sub>m</sub> =	21.5	cm	A <sub>m</sub> =	$A_3 + 4A_2 + A_1$			181.5	cm <sup>2</sup>

CARGA (Kg)	LECTURA MICROMETRO (mm.)	DEFORMACION TOTAL (mm)	DEFORMACION UNITARIA	DEFORMACION UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )	ESFUERZO RESISTOR (Kg/cm <sup>2</sup> )
105		0	0.0000	1.0000	181.50	0.58
215		1	0.0047	0.9953	182.36	1.18
280		2	0.0093	0.9907	183.20	1.53
355		3	0.0140	0.9860	184.08	1.93
425		4	0.0186	0.9814	184.94	2.30
495		5	0.0233	0.9767	185.83	2.66
565		6	0.0279	0.9721	186.71	3.03
640		7	0.0326	0.9674	187.62	3.41
710		8	0.0372	0.9628	188.51	3.77
795		9	0.0419	0.9581	189.43	4.20
860		10	0.0465	0.9535	190.35	4.52
920		11	0.0512	0.9488	191.29	4.81
975		12	0.0558	0.9442	192.23	5.07
1030		13	0.0605	0.9395	193.19	5.33
1060		14	0.0651	0.9349	194.14	5.46
1085		15	0.0698	0.9302	195.12	5.56
1120		16	0.0744	0.9256	196.09	5.71
1155		17	0.0791	0.9209	197.09	5.86
1185		18	0.0837	0.9163	198.08	5.98
1215		19	0.0884	0.9116	199.10	6.10
1245		20	0.0930	0.9070	200.11	6.22
1260		21	0.0977	0.9023	201.15	6.26
1286		22	0.1028	0.8977	202.18	6.35
1300		23	0.1070	0.8930	203.25	6.40

VELOCIDAD DE APLICACION DE LA CARGA: 0.38 cm/min.

AREA CORREGIDA =  $\frac{A_m}{1 - DEF. UNIT}$

OBSERVACIONES



































# COMPRESION TRIAXIAL METODO DE TEXAS

OBRA: _____	FECHA: _____
LOCALIZACION: _____	ENSAYE: _____
SONDEO N°: _____	OPERADOR: _____
MUESTRIA N°: _____	CALCULO: _____
DESCRIPCION: <u>Matriz con 20% finos Ensaye 4</u>	

## MEDIDAS DE LA MUESTRA

D <sub>s</sub> =	15.2	cm.	A <sub>s</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	W <sub>s</sub> =	8790	gr.
D <sub>e</sub> =	15.2	cm.	A <sub>e</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	v <sub>s</sub> =	3940	cm <sup>3</sup>
D <sub>i</sub> =	15.2	cm.	A <sub>i</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	Y <sub>m</sub> =	2.231	ton/r <sup>3</sup>
D <sub>m</sub> =	21.5	cm.	A <sub>m</sub> =	181.5	cm <sup>2</sup>	T <sub>s</sub> =	10 lb/Pulz 0.70 Kg/cm <sup>2</sup>	
H <sub>m</sub> =			A <sub>m</sub> = $A_s + 4A_e + A_i$			= 181.5 cm <sup>2</sup>		

CARGA (Kg)	LECTURA MICROMETRO (mm.)	DEFORMACION	DEFORMACION	DEFORMACION	AREA	ESFUERZO DESVIADOR (Kg/cm <sup>2</sup> )
		TOTAL (mm.)	UNITARIA	UNITARIA	CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )	
65		0	0.0000	1.0000	181.50	0.36
230		1	0.0047	0.9953	182.36	1.26
315		2	0.0093	0.9907	183.20	1.72
390		3	0.0140	0.9860	184.08	2.12
450		4	0.0186	0.9814	184.94	2.43
510		5	0.0233	0.9767	185.83	2.74
570		6	0.0279	0.9721	186.71	3.05
625		7	0.0326	0.9674	187.62	3.33
680		8	0.0372	0.9628	188.51	3.61
720		9	0.0419	0.9581	189.43	3.80
765		10	0.0465	0.9535	190.35	4.02
795		11	0.0512	0.9488	191.29	4.16
825		12	0.0558	0.9442	192.36	4.29
848		13	0.0605	0.9395	193.19	4.39
860		14	0.0651	0.9349	194.14	4.43
885		15	0.0698	0.9302	195.12	4.54
910		16	0.0744	0.9256	196.09	4.64
930		17	0.0791	0.9209	197.09	4.72
960		18	0.0837	0.9163	198.08	4.85
980		19	0.0884	0.9116	199.10	4.92
1000		20	0.0930	0.9070	200.11	5.00
1025		21	0.0977	0.9023	201.15	5.10
1040		22	0.1028	0.8977	202.10	5.14
1040		22.5	0.1047	0.8953	202.73	5.13

VELOCIDAD DE APLICACION DE LA CARGA = 0.38 cm/min.

AREA CORREGIDA =  $\frac{A_m}{1 - \epsilon}$

CONSERVACIONES:



# COMPRESION TRIAXIAL METODO DE TEXAS

OUN-A _____ LOCALIZACION _____ ENSAYO No. _____ PUNTERA No. _____ DESCRIPCION: <b>Matriz con 20% finos. Ensayo 4</b>	ESCALA _____ EMPUJE _____ OPERADOR _____ CALIBRO _____
--	---

## MEDIDAS DE LA MUESTRA

$A_s = 181.5 \text{ cm}^2$      $V_0 = 8740 \text{ cm}^3$   
 $D_e = 15.2 \text{ cm}$      $A_c = 181.5 \text{ cm}^2$      $V_1 = 3940 \text{ cm}^3$   
 $D_i = 15.2 \text{ cm}$      $A_i = 181.5 \text{ cm}^2$      $Y_m = 2.218 \text{ lb/in}^2$   
 $D_f = 15.2 \text{ cm}$      $A_m = 181.5 \text{ cm}^2$      $T_3 = 20 \text{ lb/Pul}^2$      $1.40 \text{ Kg/cm}^2$   
 $H_m = 21.5 \text{ cm}$      $A_m = \frac{A_s + 4A_c + A_i}{6} = 181.5 \text{ cm}^2$

CARGA (Kg)	LECTURA MICROMETRO (mm.)	DEFORMACION		DEFORMACION UNITARIA	AREA CORREGIDA (cm <sup>2</sup> )	ESPESOR DEFORMADO (mm.)
		TOTAL (mm.)	UNITARIA			
150		0	0.0000	1.0000	181.50	0.83
350		1	0.0047	0.9953	182.36	1.92
440		2	0.0093	0.9907	183.20	2.40
490		3	0.0140	0.9860	184.08	2.66
540		4	0.0186	0.9814	184.94	2.92
580		5	0.0233	0.9767	185.83	3.12
630		6	0.0279	0.9721	186.71	3.37
675		7	0.0326	0.9674	187.62	3.60
705		8	0.0372	0.9628	188.51	3.74
745		9	0.0419	0.9581	189.43	3.93
770		10	0.0465	0.9535	190.35	4.05
805		11	0.0512	0.9488	191.29	4.21
835		12	0.0558	0.9442	192.23	4.34
870		13	0.0605	0.9395	193.19	4.50
905		14	0.0651	0.9349	194.14	4.66
945		15	0.0698	0.9302	195.12	4.84
965		16	0.0744	0.9256	196.09	4.92
990		17	0.0791	0.9209	197.03	5.02
1015		18	0.0837	0.9163	198.08	5.12
1035		19	0.0884	0.9116	199.10	5.20
1060		20	0.0930	0.9070	200.11	5.30
1080		21	0.0977	0.9023	201.15	5.37
1100		22	0.1028	0.8977	202.18	5.44
1130		23	0.1070	0.8930	203.25	5.56
1155		24	0.1116	0.8884	204.30	5.65
1200		25	0.1163	0.8837	205.39	5.84
1240		25.5	0.1186	0.8814	205.92	6.02

VELOCIDAD DE APLICACION DE LA CARGA: 0.38 cm/min.

AREA CORREGIDA =  $\frac{A_m}{1 - DEF. UNIT}$

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_